

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-88456

(43) 公開日 平成11年(1999) 3月30日

(51) Int.Cl.<sup>8</sup>  
H 0 4 L 27/38  
27/22

識別記号

F I  
H 0 4 L 27/00  
27/22

G  
Z

審査請求 未請求 請求項の数25 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願平10-185814

(22) 出願日 平成10年(1998) 7月1日

(31) 優先権主張番号 08/887, 914

(32) 優先日 1997年7月3日

(33) 優先権主張国 米国 (U S)

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 ジョシュア・エル・コスロフ

アメリカ合衆国、08525 ニュージャージー

州、ホープウェル、フェアウェイ・ドラ

イブ 10

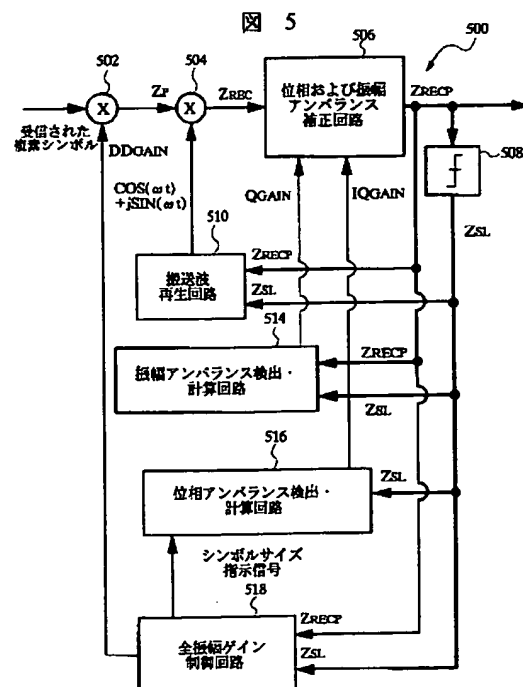
(74) 代理人 弁理士 筒井 大和

(54) 【発明の名称】 複素信号を処理する方法、および処理するための装置

(57) 【要約】

【課題】 復調される複素信号、例えばQAM信号あるいはQPSK信号、のI(同相)信号成分およびQ(直交位相)信号成分の間に存在する位相および振幅アンバランスを検出し補正するための方法および装置を提供する。

【解決手段】 本発明の位相および振幅アンバランスの検出および補正回路は、全決定志向型ゲイン制御ループと共に用いることができる決定志向型制御ループとして実現される。振幅アンバランスは、IおよびQ信号成分の1つのゲインの調整、位相アンバランスは信号成分の1つの一部をその残りの1つへの加算、により補正される。全振幅制御は、信号成分の両方のゲインを同じ量だけ調整することにより達成される。実施の形態の復調器システム500は、位相および振幅アンバランス補正回路506、振幅アンバランス検出・計算回路514、位相アンバランス検出・計算回路516、全振幅ゲイン制御回路518が付加される。



Best Available Copy

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 同相信号成分と直交位相信号成分とを含む複素信号を処理する方法であって、前記複素信号を受信するステップと、受信された複素信号を処理して、それに含まれる前記同相信号成分と前記直交位相信号成分との間の振幅アンバランスを検出するステップと、検出された振幅アンバランスを減少させるために、受信された複素信号について振幅アンバランス補正処理を実行するステップとを含むことを特徴とする複素信号を処理する方法。

【請求項2】 請求項1記載の複素信号を処理する方法であって、前記振幅アンバランス補正処理が、前記同相信号成分および前記直交位相信号成分のうちの1つのゲインを調整するステップを含むことを特徴とする複素信号を処理する方法。

【請求項3】 請求項2記載の複素信号を処理する方法であって、前記受信された複素信号が複数の複素シンボル値を含み、前記方法が更に、受信された複素シンボル値の各々についてスライス処理を実行して、スライスされたシンボル値を生成するステップを含み、

前記受信された複素信号を処理して振幅アンバランスを検出するステップが、少なくとも1つの受信された複素シンボル値とそれから生成されたスライスされたシンボル値の関数として実行されることを特徴とする複素信号を処理する方法。

【請求項4】 請求項3記載の複素信号を処理する方法であって、更に、振幅アンバランス制御信号値を、前記少なくとも1つの受信された複素シンボル値とそれから生成されたターゲットシンボル値の関数として修正することにより振幅アンバランス制御信号を生成するステップと、前記同相信号成分および前記直交位相信号成分のうちの1つのゲインに対してなされる調整の量を制御するために、生成された振幅アンバランス制御信号を用いるステップとを含むことを特徴とする複素信号を処理する方法。

【請求項5】 請求項4記載の複素信号を処理する方法であって、更に、前記同相信号成分および前記直交位相信号成分の両方のゲインを同じ量だけ修正することにより、前記受信された複素信号の全ゲインを調整するステップを含むことを特徴とする複素信号を処理する方法。

【請求項6】 請求項5記載の複素信号を処理する方法であって、前記振幅アンバランス制御信号値を修正するステップが、前記振幅アンバランス制御信号値を固定量だけインクリメントあるいはデクリメントするステップを含むことを特徴とする複素信号を処理する方法。

【請求項7】 請求項3記載の複素信号を処理する方法であって、更に、

前記受信された複素信号を処理して、それに含まれる前記同相信号成分と前記直交位相信号成分との間の位相アンバランスを検出するステップと、検出された位相アンバランスを減少させるために、受信された複素信号について位相アンバランス補正処理を実行するステップとを含むことを特徴とする複素信号を処理する方法。

【請求項8】 請求項7記載の複素信号を処理する方法であって、前記位相アンバランス補正処理を実行するステップが、前記同相信号成分および前記直交位相信号成分のうちの1つの一部を前記同相信号成分および前記直交位相信号成分の他の1つに加算するステップを含むことを特徴とする複素信号を処理する方法。

【請求項9】 請求項1記載の複素信号を処理する方法であって、更に、前記受信された複素信号を処理して、それに含まれる前記同相信号成分と前記直交位相信号成分との間の位相アンバランスを検出するステップと、検出された位相アンバランスを減少させるために、受信された複素信号について位相アンバランス補正処理を実行するステップとを含むことを特徴とする複素信号を処理する方法。

【請求項10】 請求項9記載の複素信号を処理する方法であって、前記位相アンバランス補正処理を実行するステップが、前記同相信号成分および前記直交位相信号成分のうちの1つの一部を前記同相信号成分および前記直交位相信号成分の他の1つに加算するステップを含むことを特徴とする複素信号を処理する方法。

【請求項11】 同相信号成分と直交位相信号成分とを含む複素信号を処理する方法であって、前記複素信号を受信するステップと、受信された複素信号を処理して、それに含まれる前記同相信号成分と前記直交位相信号成分との間の位相アンバランスを検出するステップと、前記同相信号成分と前記直交位相信号成分との間の位相アンバランスを減少させるために、受信された複素信号について位相アンバランス補正処理を実行するステップとを含むことを特徴とする複素信号を処理する方法。

【請求項12】 請求項11記載の複素信号を処理する方法であって、前記位相アンバランス補正処理が、前記同相信号成分および前記直交位相信号成分のうちの1つの一部を前記信号成分の他の1つに加算するステップを含むことを特徴とする複素信号を処理する方法。

【請求項13】 請求項12記載の複素信号を処理する方法であって、前記受信された複素信号が複数の複素シンボル値を含み、前記方法が更に、受信された複素シンボル値の各々についてスライス処理を実行して、スライスされたシンボル値を生成するステップを含み、前記受信された複素信号を処理して位相アンバランスを

Best Available Copy

検出するステップが、少なくとも1つの受信された複素シンボル値とそれから生成されたスライスされたシンボル値の関数として実行されることを特徴とする複素信号を処理する方法。

【請求項14】 請求項13記載の複素信号を処理する方法であって、更に、位相アンバランス制御信号値を、前記少なくとも1つの受信された複素シンボル値とそれから生成されたターゲットシンボル値の関数として修正することにより位相アンバランス制御信号を生成するステップと、前記同相信号成分および前記直交位相信号成分のうちの1つの、前記信号成分の他の1つに加算される前記一部の大きさを制御するために、生成された位相アンバランス制御信号を用いるステップとを含むことを特徴とする複素信号を処理する方法。

【請求項15】 請求項14記載の複素信号を処理する方法であって、更に、前記同相信号成分および前記直交位相信号成分の両方のゲインを同じ量だけ修正することにより、前記受信された複素信号の全ゲインを調整するステップを含むことを特徴とする複素信号を処理する方法。

【請求項16】 請求項15記載の複素信号を処理する方法であって、前記位相アンバランス制御信号値を修正するステップが、前記位相アンバランス制御信号値を固定量だけインクリメントあるいはデクリメントするステップを含むことを特徴とする複素信号を処理する方法。

【請求項17】 同相信号成分と直交位相信号成分とを含む複素信号を処理するための装置であって、前記同相信号成分と前記直交位相信号成分との間の振幅アンバランスを検出し、振幅アンバランス補正信号を生成するための振幅アンバランス検出・計算回路と、前記同相信号成分と前記直交位相信号成分との相対的な振幅を前記振幅アンバランス補正信号の関数として調整するために、前記振幅アンバランス検出・計算回路に結合された振幅アンバランスを減少させるための手段とを含むことを特徴とする複素信号を処理するための装置。

【請求項18】 請求項17記載の複素信号を処理するための装置であって、更に、前記複素信号を受信するための信号回転復元器と、前記信号回転復元器と前記振幅アンバランス検出・計算回路とに結合されたスライサとを含むことを特徴とする複素信号を処理するための装置。

【請求項19】 請求項17記載の複素信号を処理するための装置であって、更に、前記同相信号成分と前記直交位相信号成分との間の位相アンバランスを検出し、位相アンバランス補正信号を生成するための位相アンバランス検出・計算回路と、受信された前記複素信号における位相アンバランスを前記位相アンバランス補正信号の関数として減少させるための手段とを含むことを特徴とする複素信号を処理する

ための装置。

【請求項20】 請求項19記載の複素信号を処理するための装置であって、前記振幅アンバランスを減少させるための手段が、前記受信された複素信号に含まれる前記同相信号成分および前記直交位相信号成分のうちの1つのゲインを調整するための乗算器を含むことを特徴とする複素信号を処理するための装置。

【請求項21】 請求項19記載の複素信号を処理するための装置であって、前記位相アンバランスを減少させるための手段が、前記受信された複素信号に含まれる前記同相信号成分および前記直交位相信号成分のうちの1つの一部を前記同相信号成分および前記直交位相信号成分の他の1つに加算するための手段を含むことを特徴とする複素信号を処理するための装置。

【請求項22】 請求項18記載の複素信号を処理するための装置であって、前記振幅アンバランスを減少させるための手段が、前記受信された複素信号に含まれる前記同相信号成分および前記直交位相信号成分のうちの1つのゲインを調整するための乗算器を含むことを特徴とする複素信号を処理するための装置。

【請求項23】 同相信号成分と直交位相信号成分とを含む複素信号を処理するための装置であって、前記同相信号成分と前記直交位相信号成分との間の位相アンバランスを検出するための位相アンバランス検出・計算回路と、前記位相アンバランス検出・計算回路に結合された位相アンバランスを減少させるための手段とを含むことを特徴とする複素信号を処理するための装置。

【請求項24】 請求項23記載の複素信号を処理するための装置であって、前記位相アンバランスを減少させるための手段が、受信された前記複素信号に含まれる前記同相信号成分および前記直交位相信号成分のうちの1つの一部を前記同相信号成分および前記直交位相信号成分の他の1つに加算するための手段を含むことを特徴とする複素信号を処理するための装置。

【請求項25】 請求項24記載の複素信号を処理するための装置であって、更に、前記複素信号を受信するための信号回転復元器と、前記信号回転復元器と前記位相アンバランス検出・計算回路とに結合されたスライサとを含むことを特徴とする複素信号を処理するための装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、復調器の方法および装置に関し、特に同相および直交位相の信号成分間のアンバランスを補正するための方法および装置に関する。

【0002】

【従来の技術】様々なタイプの情報をディジタルデータとして伝送することの重要性は増大しつつある。直

Best Available Copy

交振幅変調(QAM)および4相位相変調(QPSK)は、デジタルデータを伝送する魅力的な伝送手段としてその用途がますます検討されている。

【0003】以下に詳細に説明するように、本発明の方法および装置は、QAMやQPSK、または他の様々なタイプの変調信号と共に用いることができる。これら様々なタイプの変調信号を処理するには、例えば、信号伝送の前の変調時の信号生成のときであれ、それに続く、例えば、受信のときであれ、しばしば、伝送されている複素信号の同相(I)信号成分と直交位相(Q)信号成分とを別々に処理しなければならない。これらI信号成分とQ信号成分とを別々に処理する結果、振幅および位相のアンバランスがこれら信号成分に入り込み、コンステレーションロックを達成することや、受信信号を適切に復調することが、そうでなければ可能な場合に比べてより困難になる。振幅および位相のアンバランスは、特に、IおよびQ信号成分を別々に処理するためにアナログ回路を用いた場合にしばしば発生する。IおよびQ信号成分の処理のために何らかのアナログ回路を使用することは、従来のQAM変調器および復調器の設計において、通常のことである。

【0004】振幅および位相のアンバランスの影響を減少させるために、そのようなアンバランスを減少、および/または補正するための方法および装置が必要とされている。

【0005】説明のため、本発明の方法および装置は、例としてQAM復調器を用いた実施の形態により説明する。まず、QAMおよび従来のQAM搬送波再生回路について簡単に説明する。

【0006】本質的に、QAMは2次元複素シンボル(即ち、同相(I)成分と直交(Q)成分の両方を備えたシンボル)の列としての伝送データに依存している。各シンボルは、それが表しているデータに基づいて、特定の所定の値を取っている。伝送に利用できるすべての値の集合によってアルファベットが定義され、それを普通2次元で図示的に表示すると、コンステレーションが形成される。コンステレーションの大きさや形状は、集合の離散値の数と、コンステレーションにおけるそれらの空間的な配置に依存している。多くの場合、コンステレーションにおけるシンボルは図示されて方形のパターンを形成する。16-QAM信号の場合がそうであり、その場合、各複素シンボルは16の異なる値(状態)の1つに対応している。

【0007】図1は、16-QAMコンステレーション100を図示したものである。コンステレーションにおける各シンボルは“x”により示されている。従来の16-QAMでは、xおよびyの両座標に関して許容される公称シンボル値は(±1, ±3)であり、絶対値の二乗は約2, 10, 18である。コンステレーション100が(例えば、搬送波ロックが達成される前に)回転する

と、コンステレーションは、シンボルの二乗された絶対値の2, 10, 18にそれぞれ対応する3つのリングを含んでいるように見えるが、そのうち、一番内側と中間のリング113, 117だけが特に図示されている。コンステレーションにおいて“x”によって示されている点は、それぞれが4つの異なる信号象限の1つに位置する4つの点で正方形のパターンを形成していることに注目されたい。

【0008】放送されたQAMデータを受信するために、QAM受信器は本質的に、通信チャンネルの受信出力をサンプリングし、フィルタリングし、その結果得られたフィルタリングされたサンプルを復号器(例えば、ビタビ復号器)に引き渡す。復号器は通常1つあるいはそれ以上のスライサを有し、検波信号を生成するためにそれを用いている。次いで、これら後者の信号に含まれるデータは、それが圧縮されたビデオ情報を含んでいる場合、適切に解凍されて元のソースビデオデータを生成する。特にQAM受信を達成するために、受信器内のQAM復調器は、タイミングの再生、等化、搬送波再生の機能を実行する。

【0009】QAMおよびQPSKにおいて、搬送波再生は通常、決定志向型ベースで、パイロットトーン無しで実行される。搬送波再生では基準搬送波を生成し、それを基準にして、受信された復調シンボルが回転しないように、同相ならびに直交変調成分を(例えば、周波数および位相に関して)決定することができる。シンボルによって直交変調され、受信器に伝送されるのは搬送波信号である。搬送波再生が適切に機能するためには、QAM信号の受信されたI成分およびQ成分の間の振幅および位相のアンバランスが比較的小さくて、基準搬送波と復調シンボルとの間で、周波数ロックが達成されなければならない。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】直交振幅変調(QAM)変調器および復調器の従来の実現例の中には、同相(I)信号成分と直交位相(Q)信号成分との間で振幅の差異が存在し得るものがある。IおよびQ信号成分の間の振幅の差異は振幅アンバランスと呼ばれることがある。振幅アンバランスに加えて、IおよびQ信号成分の間に位相アンバランスが生じることもある。位相アンバランスは、I信号成分およびQ信号成分の位相が完全に直交していない場合、即ち、信号が互いに対して90°でない場合に生じる。振幅アンバランスおよび/あるいは位相アンバランスが発生すると、受信信号のノイズ閾値は低くなる。これは、受信シンボルが誤った場所があり、不正シンボルボックスのスライサ決定閾値に近づくからである。従って、振幅アンバランスおよび/あるいは位相アンバランスの結果、スライサの性能が低下し得る。加えて、振幅アンバランスおよび/あるいは位相アンバランスが存在する場合には、正しい決定に依存する

他の受信器回路（例えば、決定志向型自動ゲイン制御回路、搬送波再生回路、および／またはイコライザ更新回路）も性能の低下を示すことがある。

【0011】図2Aおよび図2Bは、振幅アンバランスがシンボルコンステレーションの形状におよぼす影響を示したものである。それに加えて、図3Aおよび図3Bは位相アンバランスがシンボルコンステレーションの形状におよぼす影響を示すものである。図2A、図2B、図3A、図3Bにおいて、破線はシンボルコンステレーションの理想的な形状を示すために用いられている。これら同じ図において、実線は、図示された特定の振幅アンバランスあるいは位相アンバランスの結果としての、シンボルコンステレーションの歪曲された形状を示している。

【0012】図2Aでは、Q成分が理想的な値（例えば、スライスされたシンボル値）に比較して小さすぎる。図2Bでは、Q成分が理想的な値（例えば、スライスされたシンボル値）に比較して大きすぎる。どちらの場合でも、コンステレーションの形状は正方形ではなく長方形である。長方形の向きは、必要とされる振幅補正のタイプを示している。

【0013】図3Aおよび図3Bは、位相アンバランスがシンボルコンステレーションの形状に与える歪曲的な影響を示したものである。位相アンバランスのために、シンボルコンステレーションの通常の正方形形状は、取り得る2つのひし形パターンの1つに変形している。

【0014】様々な従来のシステムでは、実数（I）信号成分と虚数（Q）信号成分との間の振幅アンバランスおよび位相アンバランスを、比較的正確な回路を（例えば、発信器と受信器の両方に）用いることにより小さくしようとしている。発信器および復調器システムの構成要素に高い精度が要求されることにより、そのような従来のシステムのコストは増加する。また、そのようなアンバランスが発生したときにそれを補正あるいは補償するための何らかの手段を提供することはできない。

【0015】図4は従来の復調器システム400の一部を示したものである。システム400への入力は、受信複素信号であり、それは複数のシンボルを表すものである。入力信号は、例えば、イコライザの出力とすることができる。

【0016】従来のシステム400は、2つの基本的なループを含んでおり、内側の搬送波再生ループはミキサ404、スライサ406、搬送波再生回路410が互いに図4に示されているように結合されて形成されている。ミキサ404は複素信号（例えばシンボルを含んでいる）を受信し、それらを複素搬送波再生回路の出力信号と混合し、回転を復元した一連のシンボルを生成する。搬送波再生回路410が周波数ロックを達成すると、ミキサ404の出力に含まれるシンボルによって示されるコンステレーションは回転を停止するので、受信

シンボルを適切に復号することができる。図4の実施の形態では、スライサ406はミキサ404により出力されるシンボルの値をターゲット値あるいは理想値の集合と比較する。16QAMの場合には、受信シンボルの各々に対して、受信シンボル値と16の可能ターゲット値の集合との間で比較がなされる。受信シンボルの各々に対して、スライサ406はスライスされたシンボル値 $Z_{SL}$ を出力するが、それは受信されたシンボル値にもっとも近いターゲットシンボル値である。搬送波再生回路410の出力は、受信シンボル値とターゲットシンボル値との両方の関数として決定される。搬送波再生出力信号はスライサ406によってなされる決定の関数であるため、その信号は決定志向型搬送波再生信号と呼ばれることがある。

【0017】上記のように、復調器システム400はまた、外側の全振幅制御ループをも含んでいる。この外側のループは、複素乗算器402と、ミキサ404と、スライサ406と、全振幅ゲイン制御回路408とによって形成されている。全振幅ゲイン制御回路408は、ミキサ404により出力されるシンボルとスライサ406により出力されるシンボルとの関数として、決定志向型ゲイン制御信号を生成する。当技術分野では公知であるが、これは、ミキサの出力がより正確にターゲットシンボル値を近似するように入力信号レベルを調整することを意図して、受信シンボル値とターゲットシンボル値とを比較し、その関数としてゲイン制御信号を生成することによりなされる。複素乗算器402は同じゲインを、受信複素信号のI信号成分とQ信号成分に適用するため、これら2つの信号成分の間に存在し得る振幅アンバランスあるいは周波数アンバランスに対しては通常、何の影響も与えない。

【0018】図示された復調器システムは多くの応用分野で適切に機能するが、振幅アンバランスおよび／あるいは位相アンバランスを補償あるいは補正することはしない。従って、変調信号のI成分とQ成分との間の振幅および／あるいは位相アンバランスを検出し、補正あるいは補償することのできる方法および装置が必要とされている。

【0019】

【課題を解決するための手段】上に説明したように、本発明は、復調器の方法および装置に関し、特に同相および直交位相の信号成分間のアンバランスを補正するための方法および装置に関する。

【0020】以下の詳細な説明において、複素信号（例えば、復調されているQAM信号あるいはQPSK信号）のI（同相）信号成分とQ（直交位相）信号成分との間に存在する位相アンバランスおよび振幅アンバランスを検出し、補正するための様々な方法および装置を説明する。本発明の位相および振幅アンバランス検出・補正回路は、決定志向型の制御ループを用いて実現され

る。これら制御ループは、全決定志向型のゲイン制御ループと共に用いてもよい。振幅アンバランスが検出され、次いで、I信号成分およびQ信号成分の少なくとも1つのゲインを調整することにより補正される。位相アンバランスは、I信号成分およびQ信号成分の1つの一部をそのIおよびQ信号成分の他の1つに加えることにより補正される。

【0021】本発明の様々な実施の形態では、I/Q差動増幅およびクロスカップリングを利用して、振幅アンバランスあるいは位相アンバランスが補償されるが、それに用いられる振幅および位相補正因子は、スライスされた誤差とそれに対応するターゲットシンボルの位置を調査することにより、自動閉ループの方法で計算される。本発明は、例えばQPSおよび/あるいはQAM復調器に適用するのに非常に適している。

【0022】本発明により位相および/あるいは振幅アンバランスを減少および/あるいは補正することにより、そうでないときに可能であるものに比べて、より大きな雑音排除性を達成することができる。更に、他の場合に可能であるものに比べて、本発明により変調器および復調器を実現する場合には、より費用の少ない回路を用いることが可能である。これは、本発明によって提供される位相および振幅アンバランスの減少および/あるいは補正のための方法および装置は、そのような回路を用いて実現することができるからである。

【0023】本発明の他の多くの特徴ならびに実施の形態を以下に詳細に説明する。

#### 【0024】

【発明の実施の形態】上記のように、本発明は復調器における同相信号と直交位相信号との間のアンバランスを補正するための方法および装置に関する。

【0025】図5は、本発明により実現される復調器システムを示したものである。図4に示された従来の復調器システムとは異なり、本発明の復調器システム500は、振幅と位相の両アンバランスを検出し補正するための回路を含んでいる。システム500はまた、決定志向型搬送波再生ループと全決定志向型ゲイン制御ループとを含んでいる。

【0026】図5～図7において、太線は複素信号を示すために用いられており、細線は実数信号を示すために用いられている。

【0027】図5に示されたシステム500は、複素乗算器502と、ミキサ504と、スライサ508と、搬送波再生回路510とを含んでいる。これらの構成要素502、504、508、510は、図4に示された従来のシステムの対応する回路要素と同じあるいは同様のものである。それに加えて、システム500は、位相および振幅アンバランス補正回路506と、振幅アンバランス検出・計算回路514と、位相アンバランス検出・計算回路516と、全振幅ゲイン制御回路518とを含んでいる。

含んでいる。

【0028】図5に示されたシステム500の構成要素は、一連の内側および外側制御ループを形成するように配列されている。一番外側の制御ループは、全振幅ゲイン制御ループであり、システム500の全体としてのゲインの制御を担うものである。全振幅ゲイン制御ループは、複素乗算器502と、ミキサ504と、位相および振幅アンバランス補正回路506と、スライサ508と、全振幅ゲイン制御回路518とを含んでいる。全振幅ゲイン制御回路518は、スライサ508の出力と位相および振幅アンバランス補正回路506により処理された受信シンボル $Z_{\text{RECP}}$ との関数として、決定志向型ゲイン制御信号( $DD_{\text{GAIN}}$ )を生成する。

【0029】搬送波再生ループは、ミキサ504と、位相および振幅アンバランス補正回路506と、スライサ508と、搬送波再生回路510とを含んでいる。搬送波再生回路510はミキサ504の制御を担っている。搬送波再生回路510は、スライサ508により出力されるスライスされたシンボル $Z_{\text{SL}}$ と、位相および振幅アンバランス補正回路506により出力される、受信された処理されたシンボル $Z_{\text{RECP}}$ とをその入力としている。

【0030】本発明によれば、振幅アンバランスの検出および補正は、決定志向型振幅アンバランス制御ループを用いて達成され、そのループは、位相および振幅アンバランス補正回路506と、スライサ508と、振幅アンバランス検出・計算回路514とを含んでいる。振幅アンバランス検出・計算回路514は、受信信号のI信号成分とQ信号成分との間に存在し得る振幅アンバランスの大きさの推定値を生成し、信号 $Q_{\text{GAIN}}$ を生成する役割を担っている。信号 $Q_{\text{GAIN}}$ を用いて、位相および振幅アンバランス補正回路506を制御して、I信号成分とQ信号成分との間で相対的な振幅を調整し、それによって検出された振幅アンバランスを補正する。

【0031】振幅アンバランスの検出と補正に加えて、本発明はまた、位相アンバランスの検出と補正も扱っている。位相アンバランスの検出および補正は、決定志向型位相アンバランス検出・補正制御ループを用いて達成される。位相アンバランス検出・補正制御ループは、位相および振幅アンバランス補正回路506と、スライサ508と、位相アンバランス検出・計算回路516とを有している。本発明によれば、位相アンバランス検出・計算回路516は、I信号成分とQ信号成分との間の位相アンバランスをスライサ508により出力されるスライスされたシンボルと全振幅ゲイン制御回路518により供給されるシンボルサイズ指示信号との関数として検出する。それに加えて、位相アンバランス検出・計算回路516は制御信号 $I_{\text{QGAIN}}$ を生成し、それを用いて位相および振幅アンバランス補正回路506を制御して、検出された位相アンバランスを補正するが、これについては以下に説明する。

【0032】図6 Aおよび図6 Bは、本発明のシステム500をより詳細に示したものである。図6 Aはシステム500の左半分、図6 Bは右半分を示し、以降合わせて図6と称する。図6に示されているように、全振幅ゲイン制御回路518は、第1および第2の二乗回路520、522を含んでおり、それらは、スライスされた複素シンボル値 $Z_{SL}$ を二乗した絶対値の表現と受信され処理されたシンボル値 $Z_{RECP}$ を二乗した絶対値の表現とをそれぞれ生成するためのものである。第1および第2の二乗回路520、522は、実数信号成分と虚数信号成分とを二乗し、それらの二乗値を加算することにより実現することができる。更に、全振幅ゲイン制御回路518は、受信され処理されたシンボル値 $Z_{RECP}$ の絶対値が、そのシンボルに対応するスライスされたシンボル値 $Z_{SL}$ の絶対値を超えるか超えないかを示す出力をシンボル対シンボルベースで生成するためのコンパレータ524を含んでいる。図6の実施の形態では、受信され処理されたシンボル値 $Z_{RECP}$ の絶対値が、そのシンボルに対応するスライスされたシンボル値 $Z_{SL}$ の絶対値より大きい場合には、コンパレータ524の出力は“1”であり、それは全体としての信号振幅が大きすぎ、例えば $DD_{GAIN}$ を減少させることにより、減少させる必要があることを示している。受信され処理されたシンボル値 $Z_{RECP}$ の絶対値が対応するスライスされたシンボル値の絶対値を超えない場合には、コンパレータ524の出力はゼロであり、それは、ほとんどの場合、受信信号の全振幅が小さすぎ、例えば $DD_{GAIN}$ を増加させることにより、増加させるべきであることを示している。

【0033】コンパレータ524の出力は、シンボルサイズ指示信号であり、それは位相アンバランス検出・計算回路516の対応する信号入力と、カウンタ526とに供給される。カウンタ526は、信号 $DD_{GAIN}$ をシンボルサイズ指示信号の関数として生成する。図示された実施の形態では、コンパレータ524が“1”を出力するたびに、例えば、処理された受信シンボルがスライスされたシンボル値を超える絶対値を有していると決定されるたびに、信号 $DD_{GAIN}$ は小さな固定量（デルタ）の分だけ減少される。同様に、コンパレータ524がゼロを出力するたびに、信号 $DD_{GAIN}$ は小さな固定量（デルタ）だけ増加される。

【0034】信号 $DD_{GAIN}$ の値を増加あるいは減少することは、カウンタ526により実行され、1つの実施の形態ではそれは固定ステップサイズ $\Delta DD_{GAIN}$ を用いてなされる。信号 $DD_{GAIN}$ の値が（例えば、一時的な信号ノイズの状態の結果として）過度に大きいあるいは小さいものとならないことを保証するために、飽和的な計算法を用いてカウンタ526を実現する。即ち、制御信号 $DD_{GAIN}$ の全体としての範囲は予め選択された範囲、例えば、0.9ないし1.1に限定されている。

【0035】ゲイン $DD_{GAIN}$ はコンステレーションのす

べての点の絶対値に影響を与えるために、その効果はコンステレーションの向きからは独立である。このように、複素乗算器502は、搬送波の再生に用いられる複素回転復元器504の前に配置してもよいし、後に配置してもよい。しかし、複素回転復元器504の後に乗算器502を配置する場合にはその結果として遅延が導入されるのに対して、図5および図6に示されているように回転復元器504の前に配置して実現する場合には搬送波再生ループに遅延を導入することが避けられるという利点がある。

【0036】以上、システム500に含まれる全ゲイン制御ループの作用について説明したが、次に、本発明による新規な位相および振幅制御回路について説明する。

【0037】本発明によれば、位相および振幅アンバランス補正回路506は、複素回転復元器504の後で、かつ、スライサ508および搬送波再生回路510の前において、搬送波再生ループに挿入されている。

【0038】位相および振幅アンバランス補正回路506は、第1および第2の実数乗算器530、532と総和器534とを含んでいる。従って、複素乗算器502に加えて、回路500は2つの追加的なゲイン制御乗算器、即ち、第1および第2の乗算器530、532を含んでいる。第1の乗算器530は振幅アンバランスを補正するために用いられる。それは、その入力として、受信ベースバンド信号 $Z_{REC}$ の1つの成分を受け取る。図示された実施の形態の場合には、Q信号成分 $Z_{REC,Q}$ が乗算器530の第1の入力に供給される。振幅アンバランスゲイン制御信号 $Q_{GAIN}$ が乗算器530の第2の入力に供給される。信号 $Q_{GAIN}$ はQ信号成分の振幅を調整するために用いられる。I信号成分の振幅は、乗算器530からQ信号成分に向けられるゲインによって影響を受けないため、乗算器530は、I信号成分とQ信号成分との間の振幅アンバランスを補正するための機構を提供している。この補正は、振幅計算回路514により生成される信号 $Q_{GAIN}$ の関数として実行される。

【0039】本発明の1つの実施の形態では、位相アンバランスはI信号成分およびQ信号成分の1つの一部を、それらI信号成分およびQ信号成分の他の1つに加えることにより補正される。図示された実施の形態では、総和器534と第2の乗算器532がこの機能を果たしている。図示されているように、第2の総和器532は、受信された複素信号 $Z_{REC}$ のI信号成分を第1の入力において受け取る。このI信号成分は、 $Z_{REC,I}$ と表記することにより表す。第2の乗算器532の第2の入力は、位相アンバランス検出・計算回路516により出力されるゲイン制御信号 $I_{Q_{GAIN}}$ を受け取る。乗算器532は信号 $Z_{REC,I}$ と位相補正信号 $I_{Q_{GAIN}}$ とを乗算して信号を生成し、次いで総和器534によってそれを第1の乗算器530により出力される直交位相信号に加算する。このようにして、信号 $I_{Q_{GAIN}}$ は、検出された

位相アンバランスを補正するためにI信号成分のどれだけをQ信号成分に加算すべきかを決定するために用いられる。

【0040】次に、振幅および位相アンバランスを補正するために用いられる信号 $Q_{GAIN}$ および信号 $I_{Q_{GAIN}}$ の生成について詳細に説明する。振幅アンバランス検出・計算回路514は、振幅アンバランス補正信号 $I_{Q_{GAIN}}$ を、複素信号 $Z_{RECP}$ に含まれ位相および振幅アンバランス補正回路506により出力されるシンボル値と、スライサ508により出力されるスライスされたシンボル値 $Z_{SL}$ との関数として生成する役割を担っている。

【0041】振幅アンバランス検出・計算回路514は、どの程度の振幅補正を行う必要があるかを決定するために、I成分およびQ成分を別々に調査し、決定する役割を担っているが、それは例えば、受信され処理された信号成分値 $|Z_{RECP,I}|$ および $|Z_{RECP,Q}|$ を、対応するスライスされた絶対値 $|Z_{SL,I}|$ および $|Z_{SL,Q}|$ とそれぞれ比較することによりなされる。もし、 $|Z_{RECP,I}| > |Z_{SL,I}|$ であれば、受信信号のI成分が大きすぎ、そのサイズを減少すべきことを示している。もし、 $|Z_{RECP,Q}| > |Z_{SL,Q}|$ であれば、受信信号のQ成分が大きすぎ、そのサイズを減少すべきことを示している。

【0042】I成分およびQ成分が大きすぎるかどうかを決定するために用いられる回路としては様々な回路があり、その中には絶対値回路も含まれている。しかし、本発明の1つの実施の形態では、絶対値回路を使用することは避けており、回路を実現するためにより単純なものを用いている。本発明の1つの実施の形態では、 $Z_{RECP,I}$ と $Z_{SL,I}$ を比較し、次いでそれらの符号を検討するほうがハードウェアコストの観点からより効率的であるという事実を有利に用いている。 $Z_{RECP,I}$ と $Z_{SL,I}$ とは同じ符号であるために、 $Z_{SL,I}$ の符号だけ調査すればよい。

【0043】即ち、 $Z_{RECP,I} > Z_{SL,I}$ であって、 $Z_{SL,I} > 0$ であれば、 $|Z_{RECP,I}| > |Z_{SL,I}|$ である。

【0044】同様に、 $Z_{RECP,I} > Z_{SL,I}$ であって、 $Z_{SL,I} < 0$ であれば、 $|Z_{RECP,I}| < |Z_{SL,I}|$ である。

【0045】図5の実施の形態によれば、2の補数による表示を用いて、信号成分値を表すことができる。信号の符号(SIGN)を決定するために、即ち、信号がプラスあるいはマイナスの値かどうかを決定するために、符号ビットが調べられる。図5の実施の形態では、符号ビットの“1”はマイナスの数を表し、ゼロはマイナスではない数を表す。ブロック514において、 $Z_{SL,I}$ と $Z_{SL,Q}$ のラインのドットは、符号ビットを取って出力し、それがXORゲート544、548の入力として用いられることを表している。

【0046】I信号成分が大きすぎないかどうかを決定するための上述の計算と同じタイプの計算を用いて、Q

信号成分 $Z_{RECP,Q}$ を処理し、それが大きすぎないかどうかを決定することができる。

【0047】次に、図6を参照すると、振幅アンバランス検出・計算回路514が、第1および第2のコンパレータ542、546と、第1および第2の符号演算子543、545と、第1および第2のイクスクリューブOR(XOR)ゲート544、548と、カウンタ550とを含んでいることが分かる。カウンタ550は、XORゲート544、548の出力の関数として、信号 $Q_{GAIN}$ の値をインクリメントし、デクリメントするために用いられる。

【0048】図示されているように、第1のコンパレータ542は複素信号 $Z_{RECP}$ のI信号成分 $Z_{RECP,I}$ と、スライサ508により出力される複素信号 $Z_{SL}$ のI成分 $Z_{SL,I}$ を受け取る。第1のコンパレータ542は、これら2つの信号を比較し、出力信号を生成する。その出力信号の値は、 $Z_{RECP,I} > Z_{SL,I}$ の場合、1である。第1のコンパレータ542の出力は、第1のXORゲート544の第1の入力に結合されている。第1の符号演算子543は、その入力信号として、信号 $Z_{SL}$ のI成分 $Z_{SL,I}$ を受け取る。符号演算子543は、1ビットの信号を出力するが、その値は、 $Z_{SL,I}$ がプラスの場合、0であり、 $Z_{SL,I}$ がマイナスの場合、1である。第1の信号演算子543の出力は、第1のXORゲート544の第2の入力に供給される。第1のXORゲート544の出力の値は、 $|Z_{RECP,I}| > |Z_{SL,I}|$ の場合、即ち、受信され処理された信号 $Z_{RECP}$ のI信号成分 $Z_{RECP,I}$ が大きすぎる場合には、1であり、他の場合には0である。

【0049】Q信号成分が大きすぎるかどうかを決定するために用いられる回路は、I信号成分の処理のために用いられるものと同様である。図示されているように、第2のコンパレータ546は、複素信号 $Z_{RECP}$ のQ信号成分 $Z_{RECP,Q}$ を受け取り、複素信号 $Z_{SL}$ のQ信号成分 $Z_{SL,Q}$ を受け取る。第2のコンパレータ546は、これら2つの信号を比較し、出力信号を生成するが、その出力信号の値は $Z_{RECP,Q} > Z_{SL,Q}$ のとき1である。第2のコンパレータ546の出力は第2のXORゲート548の第1の入力に結合されている。第2の符号演算子545は、その入力信号として、信号 $Z_{SL}$ のQ成分 $Z_{SL,Q}$ を受け取る。符号演算子545は1ビットの信号を出力するが、その値は $Z_{SL,Q}$ がプラスのとき0であり、 $Z_{SL,Q}$ がマイナスのとき1である。第2の信号演算子545の出力は第2のXORゲート548の第2の入力に供給される。第2のXORゲート548の出力の値は、 $|Z_{RECP,Q}| > |Z_{SL,Q}|$ の場合に、即ち、受信し処理された信号 $Z_{RECP}$ のQ信号成分 $Z_{RECP,Q}$ が大きすぎる場合に、1であり、他の場合には0である。

【0050】このように、第1および第2のXORゲート544、548の出力は、受信され処理された信号 $Z_{RECP}$ のそれぞれI信号成分およびQ信号成分の大きさ、

即ち、絶対値が大きすぎる場合にアサートされる。

【0051】第1および第2のXORゲート544、548の出力はカウンタ550の入力に結合されている。カウンタ550は、新たに受信したシンボルが処理されるたびに、カウンタの入力信号の値に応じてインクリメントあるいはデクリメントされる。全振幅ゲイン制御回路518のカウンタ526の場合と同様に、カウンタ550を実現するにあたっては飽和的な計算法が用いられ、信号 $Q_{GAIN}$ の値が予め選択された範囲、例えば0.9ないし1.1の範囲に確実に入るようにされている。カウンタのインクリメントおよびデクリメントについては、固定ステップサイズ $\Delta Q_{GAIN}$ を用いて行うことができる。

【0052】カウンタ550の出力、信号 $Q_{GAIN}$ はカウ

$$\begin{aligned} & (|Z_{RECP,I}| > |Z_{SL,I}|) \text{ かつ } (|Z_{RECP,Q}| \leq |Z_{SL,Q}|) \\ & \Rightarrow Q_{GAIN} \text{ を増加させる} \\ & (|Z_{RECP,I}| \leq |Z_{SL,I}|) \text{ かつ } (|Z_{RECP,Q}| > |Z_{SL,Q}|) \\ & \Rightarrow Q_{GAIN} \text{ を減少させる} \\ & (|Z_{RECP,I}| > |Z_{SL,I}|) \text{ かつ } (|Z_{RECP,Q}| > |Z_{SL,Q}|) \\ & \Rightarrow \text{何もしない} \\ & (|Z_{RECP,I}| \leq |Z_{SL,I}|) \text{ かつ } (|Z_{RECP,Q}| \leq |Z_{SL,Q}|) \\ & \Rightarrow \text{何もしない} \end{aligned}$$

以上の論理によれば、I信号成分およびQ信号成分の両方が大きすぎる場合、あるいは両方が小さすぎる場合、 $Q_{GAIN}$ は変更されないままとされる。そのような条件の修正は、信号 $DD_{GAIN}$ を所望に応じて調整する全振幅ゲイン制御回路518の動作によって扱われる。

【0055】このように、振幅アンバランス検出・計算回路514は、位相および振幅アンバランス補正回路506と連携して動作することにより、IおよびQ信号成分を同じ振幅とし、従って、存在し得る振幅アンバランスを補正するあるいは減少させる効果を有する。

【0056】次に、位相アンバランスの検出および補正について説明する。図3Aおよび図3Bは、受信コンステレーションの形状に対する位相アンバランスの影響を示したものである。図3Aおよび図3Bにおいて、理想的なコンステレーションの輪郭は破線により示されている。受信コンステレーションの輪郭は実線により示されている。位相アンバランスによりコンステレーションはひし形の形状となるが、その向きは図示された2つの向きのうちの1つとなる。位相アンバランスは、I信号成分とQ信号成分との間の望ましくないクロスカップリングとみなすことができる。位相アンバランスを補正するために、I成分およびQ成分のうち1つが他の成分によって汚染されていると仮定することができる。説明のため、Q成分がI成分によって汚染されていると仮定する。しかし、位相補正の目的のためには、逆を仮定することもでき、その場合でも、本発明の位相補正技術はやはり機能する。

【0057】従って、受信されたQ信号成分は次のよう

ンタ550の値を取る。図5に示された本実施の形態では、各受信シンボルに対して1回、次の論理テーブルにしたがってカウンタ入力信号に応じてカウンタの値が調整される。

【0053】

入力AB	カウンタ値の修正
00	何もしない
01	デクリメント
10	インクリメント
11	何もしない

従って、次の文の左側の条件が満たされる場合、符号“=>”の右側の条件が実行される。

【0054】

に表現することができる。

【0058】

$Z_{REC,Q} = Z_{ACTUAL,Q} + K_{UNWANTED} * Z_{REC,I}$   
ここで、 $Z_{REC,Q}$ は回転復元器504により出力される信号のQ成分であり； $Z_{ACTUAL,Q}$ は、位相アンバランスのない場合の受信信号のQ成分であり； $K_{UNWANTED}$ は、Q信号成分に加算されるI信号成分の量を表すパラメータであり； $Z_{REC,I}$ は、回転復元器504により出力される受信信号のI成分である。

【0059】本発明によれば、位相および振幅アンバランス補正回路506の第2の乗算器532および総和器534は、 $Z_{REC,I}$ の成分をQ信号成分に加算するために用いられるが、それはQのゲインにおけるネットのI成分をゼロとすることを意図したものである。即ち、本発明によれば、 $Z_{REC,Q} = Z_{REC,Q} + K_{UNWANTED} * Z_{REC,I} + I_{QGAIN} * Z_{REC,I}$ ここで、 $Z_{REC,Q}$ は受信され処理された複素信号 $Z_{RECP}$ のQ信号成分を表しており、後者の信号 $Z_{RECP}$ は位相および振幅アンバランス補正回路506により出力される信号である。

【0060】図3Aの場合、I成分のQ成分に対するネットの加算は大きすぎる。図3Aにおいて、I信号成分がプラス方向に増加すると、Q信号成分はそのターゲット値からより一層プラス方向にかい離していることが分かる。図3Bの場合、Q成分中のネットのI成分は小さすぎる。図3Bでは、I信号成分がプラス方向に増加すると、Q信号成分はそのターゲット値からより一層マイナス方向にかい離していることが分かる。

【0061】受信シンボルの大きさとそれに対応する

(スライスされた)ターゲットシンボルとの関係を調べ、シンボルが4つの象限のうちどれに位置しているかを確認することにより、位相アンバランスが図3Aに示されたタイプか図3Bに示されたタイプかを決定し、検出された位相アンバランスを減少するためにシンボル値の調整すべき方向を決定することができる。図3Aおよび図3Bのひし形のコンステレーションの各々のコーナーの矢印は、正方形のコンステレーション形状から外れた位相アンバランスを減少させるために、対応するシンボルをどちらの方向に引っ張るべきかを示すものである。

【0062】図6に示された実施の形態では、位相アンバランス検出・計算回路516は、処理されているシンボルが位置する象限を、 $Z_{SL}$ のI成分およびQ成分の符号ビットを用いて決定する。しかし、 $Z_{REC}$ のI成分およびQ成分の符号ビットを用いることもできる。

【0063】位相アンバランス検出・計算回路516は、ドットで示された第1および第2の符号演算子517、519と、第1および第2のXORゲート521、523とを含んでいる。第1および第2の符号演算子517、519は複素信号 $Z_{SL}$ のI信号成分およびQ信号成分( $Z_{SL,I}$ )、( $Z_{SL,Q}$ )をそれぞれ受け取る。符号演算子517、519の各々はそれらに供給される入力信号の符号を決定し、その入力信号の符号を示す1ビットの信号を出力する。符号演算子517、519に対する入力信号がプラスの場合、符号演算子の出力はゼロである。しかし、符号演算子517、519への入力信号がマイナスの場合、符号演算子の出力はゼロである。

【0064】第1および第2の符号演算子517、519の出力は第1のXORゲート521に供給される。 $Z_{SL}$ に対応する処理されている受信シンボル $Z_{REC}$ が図3Aあるいは図3Bの偶数象限、即ち第2象限あるいは第4象限に位置する場合、XORゲート521の出力はアサートされる。しかし、 $Z_{SL}$ に対応する処理されている受信シンボル $Z_{REC}$ が図3Aあるいは図3Bの奇数象限、即ち第1象限あるいは第3象限に位置する場合、XORゲート521の出力は“0”の値を取る。

【0065】言い換えれば、2の補数による表現が用いられる場合：偶数象限に対しては、 $SIGNBIT(Z_{SL,I}) \text{ XOR } SIGNBIT(Z_{SL,Q})$ は1(即ち、I信号成分とQ信号成分は異符号である)；であり、奇数象限に対しては、 $SIGNBIT(Z_{SL,I}) \text{ XOR } SIGNBIT(Z_{SL,Q})$ は0(即ち、I信号成分とQ信号成分は同符号である)である。

【0066】信号 $I_{Q_{GAIN}}$ の調整を制御するために用いられるインクリメント/デクリメント信号を生成するために、第1のXORゲート521により出力される象限指示信号が第2のXORゲート523の第1の入力に供給される。第2のXORゲート523の第2の入力はコンパレータ524により出力される信号を受け取る。そ

の信号は、 $Z_{REC}$ の絶対値が $Z_{SL}$ の絶対値より大きい場合にアサートされる。第2のXORゲート523の出力は、 $I_{Q_{GAIN}}$ の現行値が大きすぎて、検出された位相アンバランスを補正するためにはその現行値を減少させる必要がある場合にアサートされる信号である。

【0067】第2のXORゲート523の出力はカウンタ525の入力に供給される。カウンタ525に格納されている値は、カウンタ525により生成される信号 $I_{Q_{GAIN}}$ を表すものであり、処理されるシンボルの各々に対して1回、第2のXORゲート523により出力される信号に応じてインクリメントあるいはデクリメントされる。即ち、XORゲート523の出力がアサート

(1)で、 $I_{Q_{GAIN}}$ の値が大きすぎることを示している場合、信号 $I_{Q_{GAIN}}$ の値はデクリメントされ、XORゲート523の出力がゼロ(0)で、 $I_{Q_{GAIN}}$ の値が小さすぎることを示している場合、信号 $I_{Q_{GAIN}}$ の値はインクリメントされる。

【0068】従って、信号 $I_{Q_{GAIN}}$ は次のように調整される：

$|Z_{REC}|^2 > |Z_{SL}|^2$  かつ  $Z_{SL}$  が第1あるいは第3象限にある  $\Rightarrow I_{Q_{GAIN}}$  を減少する；

$|Z_{REC}|^2 > |Z_{SL}|^2$  かつ  $Z_{SL}$  が第2あるいは第4象限にある  $\Rightarrow I_{Q_{GAIN}}$  を増加する；

$|Z_{REC}|^2 \leq |Z_{SL}|^2$  かつ  $Z_{SL}$  が第1あるいは第3象限にある  $\Rightarrow I_{Q_{GAIN}}$  を増加する；

$|Z_{REC}|^2 \leq |Z_{SL}|^2$  かつ  $Z_{SL}$  が第2あるいは第4象限にある  $\Rightarrow I_{Q_{GAIN}}$  を減少する。

【0069】信号 $I_{Q_{GAIN}}$ についての上記の調整によって、成分間補償ゲインが正しく生成され、I軸およびQ軸の直交化が効果的に行われて、位相アンバランスが補正される。信号 $I_{Q_{GAIN}}$ を増加させあるいは減少させることは、図示された実施の形態の場合、予め選択された固定ステップサイズ $\Delta I_{Q_{GAIN}}$ を用いて実行される。信号 $I_{Q_{GAIN}}$ の値のインクリメント/デクリメントのために用いられるカウンタ525は飽和的な計算法を用いている。1つの特定の実施の形態では、制御信号 $I_{Q_{GAIN}}$ のための全体的な範囲は、例えば、-0.1ないし+0.1の範囲に限定されている。このように、 $I_{Q_{GAIN}}$ の値は、受信されたコンステレーションが図3Aのように固定されているかあるいは図3Bのように固定されているかによって、プラスあるいはマイナスである。

【0070】図7は、結合信号回転復元器/位相および振幅アンバランス補正回路700を示したものである。回路700は、第1〜第8の実数乗算器702、704、706、708、714、716、718、720と、第1〜第4の総和器710、712、722、724とを含んでおり、それらは図7に示されたように互いに結合されている。回転復元器の図5および図6の実施の形態は、複素乗算器として実現することができる。そのような複素乗算器は、4つの実数乗算器を組み込んで

用いることにより、単一の複素乗算器を実現することができる。図7においては、回路700の復元器の部分は、4つの実数乗算器714、716、718、720を用いて実現されており、通常単一の復元器で用いられる単一の複素乗算器の機能をそれらが果たしている。

【0071】回路700は直接、図5および図6に示された回転復元器504と位相および振幅アンバランス補正回路の代わりをしている。回路700は、搬送波再生ループの中から $I Q_{GAIN}$ および $Q_{GAIN}$ 乗算器532、530と加算器534を取り除くことができるので、有利である。上述のように、搬送波再生の場合、遅延が最小化されることが重要である。特に、回転復元器とソフトによるスライスされた決定の出力との間の遅延ができる限り短いことが重要である。というのは、これらの出力は、回転復元器に供給される複素シヌソイド $\cos(\omega t) + j \sin(\omega t)$ を更新するのに用いられるからである。

【0072】図5および図6において、振幅および位相アンバランスが補正された出力シンボル $Z_{RECP}$ のI成分およびQ成分は次のように表すことができる：

$$Z_{RECP,I} = Z_{P,I} * \cos(\omega t) - Z_{P,Q} * \sin(\omega t);$$

$$Z_{RECP,Q} = (Z_{P,I} * \sin(\omega t) + Z_{P,Q} * \cos(\omega t)) * Q_{GAIN} + (Z_{P,I} * \cos(\omega t) - Z_{P,Q} * \sin(\omega t)) * I Q_{GAIN};$$

そして、

$$Z_{RECP,Q} = (Z_{P,Q} * Q_{GAIN} + Z_{P,I} * I Q_{GAIN}) * \cos(\omega t) + (Z_{P,I} * Q_{GAIN} - Z_{P,Q} * I Q_{GAIN}) * \sin(\omega t);$$

ここで、 $Z_P$ は、決定志向型AGC乗算器502から生じる複素通過帯域信号であり； $Z_{P,I}$ および $Z_{P,Q}$ は複素信号 $Z_P$ のそれぞれ実数部および虚数部であり； $\cos(\omega t) + j \sin(\omega t)$ は回転復元器504に供給される複素搬送波再生信号であり； $\cos(\omega t)$ および $\sin(\omega t)$ は、複素搬送波再生信号のそれぞれ実数成分および虚数成分である。

【0073】複素信号 $Z_{RECP}$ のI成分およびQ成分であり、回路700により出力される信号 $Z_{RECP,I}$ および $Z_{RECP,Q}$ は、図5および図6の実施の形態に関して上に示されたものと同じ式の組である。しかし、図5および図6の実施の形態とは対照的に、図7の実施の形態では、位相および振幅アンバランスの補正は搬送波再生の前になされる。その結果、ハードウェアの性能は向上する。

【0074】本発明による位相および振幅検出および補正方法および装置は広範な応用分野で用いることができる。応用の例としては、例えば優先モデムあるいはディジタルCATVシステムで用いられるQPSK受信器やQAM受信器を挙げることができる。

【0075】本発明の1つの特定の実施の形態として、本発明による振幅および位相アンバランスの検出および補正のための回路を、搬送波再生信号のロックがなされ

た場合にのみアクティブとすることができる。更に、これらの回路搬送波再生信号のロックが損なわれた場合には、非アクティブとすることができる。従って、そのような実施の形態では、振幅および位相の補正のためのこれらの回路は、位相および振幅アンバランスの決定および補正を有効に行うために用いることができるスライスされたシンボルが供給された場合にのみ動作する。

【0076】

【発明の効果】本発明によって提供される位相および振幅アンバランスの減少および/あるいは補正のための方法および装置は、そのような回路を用いて位相およびあるいは振幅アンバランスを減少および/あるいは補正することにより、そうでないときに可能であるものに比べて、より大きな雑音排除性を達成することができる。更に、他の場合に可能であるものに比べて、本発明により変調器および復調器を実現する場合には、より費用の少ない回路を用いることが可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】16QAMのコンステレーションを示す図である。

【図2A】振幅アンバランスがQAMコンステレーションに及ぼす影響を示す図である。

【図2B】振幅アンバランスがQAMコンステレーションに及ぼす影響を示す図である。

【図3A】位相アンバランスがQAMコンステレーションに及ぼす影響を示す図である。

【図3B】位相アンバランスがQAMコンステレーションに及ぼす影響を示す図である。

【図4】従来の搬送波再生回路を示す図である。

【図5】本発明の例示的な実施の形態によって実現される復調器システムを示す図である。

【図6A】図5に示された復調器をより詳細に示す図である。

【図6B】図5に示された復調器をより詳細に示す図である。

【図7】図5および図6A、図6Bに示された復調器において用いるのに適した回路を示す図である。

【符号の説明】

- 500 復調器システム
- 502 複素半乗算器
- 504 ミキサ
- 506 位相および振幅アンバランス補正回路
- 508 スライサ
- 510 搬送波再生回路
- 514 振幅アンバランス検出・計算回路
- 516 位相アンバランス検出・計算回路
- 517, 519 符号演算子
- 518 全振幅ゲイン制御回路
- 520, 522 二乗回路
- 521, 523 XORゲート

524 コンパレータ

525, 526 カウンタ

530, 532 乗算器

534 総和器

542, 546 コンパレータ

543, 545 符号演算子

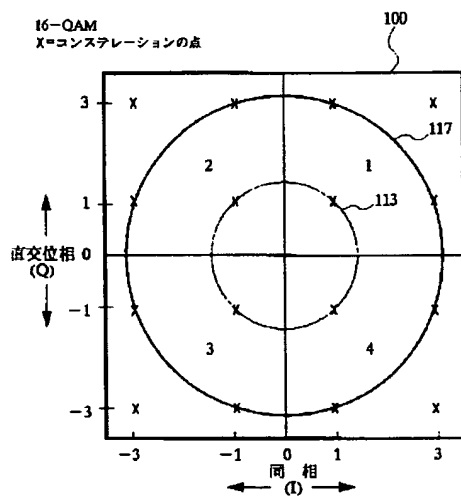
544, 548 XORゲート

550 カウンタ

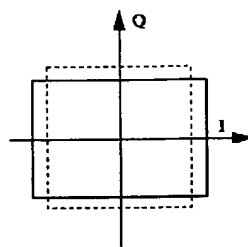
700 結合信号回転復元器/位相および振幅アンバ  
ランス補正回路702, 704, 706, 708, 714, 716, 7  
18, 720 実数乗算器

710, 712, 722, 724 総和器

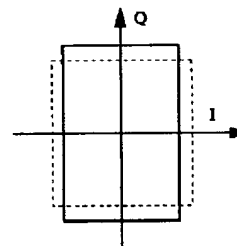
【図1】



【図2A】

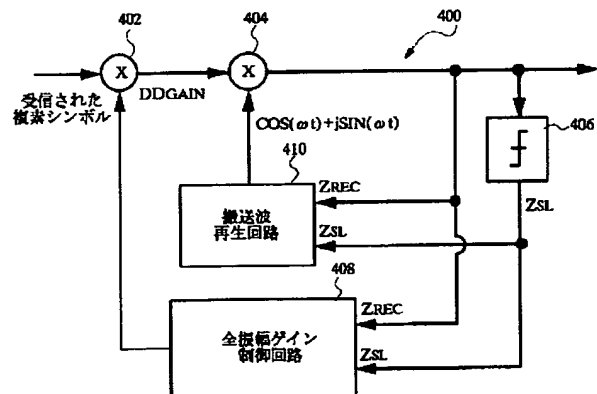


【図2B】

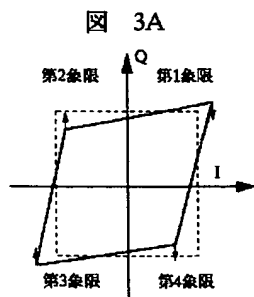


【図4】

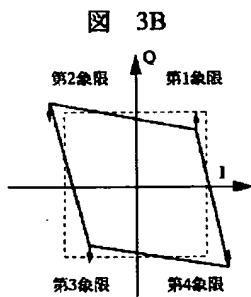
図 4



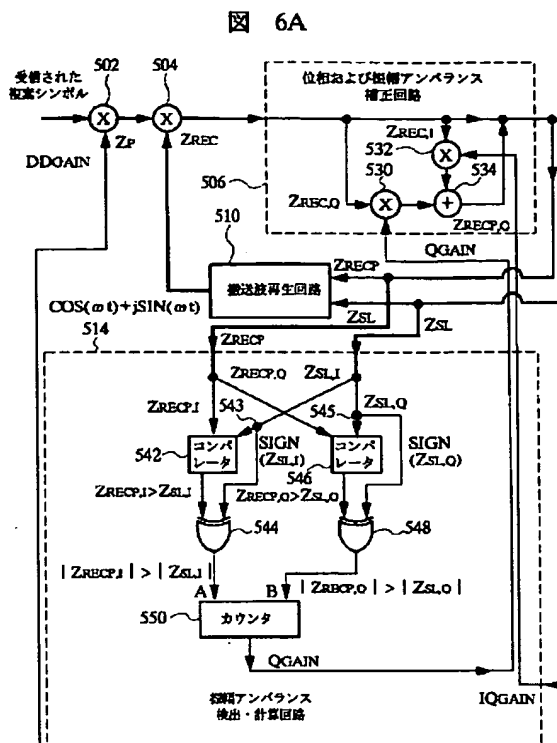
【図3A】



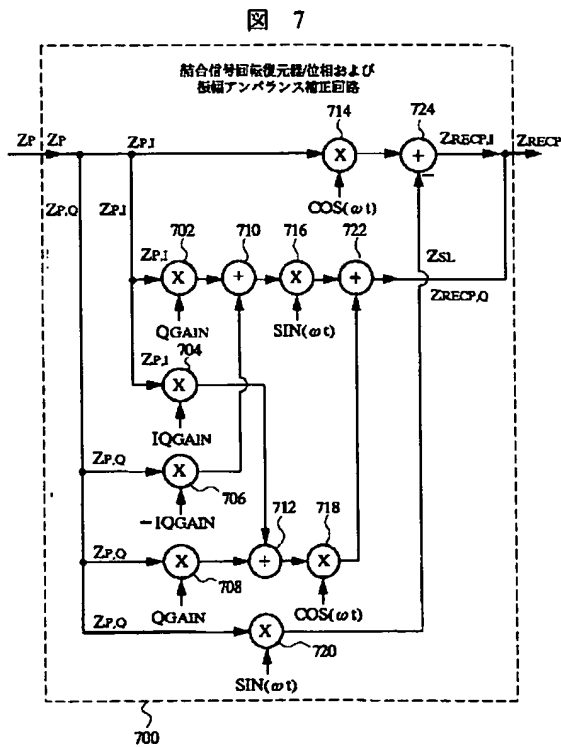
【図3B】



【図6A】



【図7】



This Page Blank (uspto)

Best Available Copy